

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-104385
 (43)Date of publication of application : 02.04.2004

(51)Int.Cl.

H04B 10/04
 H04B 10/02
 H04B 10/06
 H04B 10/142
 H04B 10/152

(21)Application number : 2002-262337

(71)Applicant : KDDI SUBMARINE CABLE SYSTEMS INC
 MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 09.09.2002

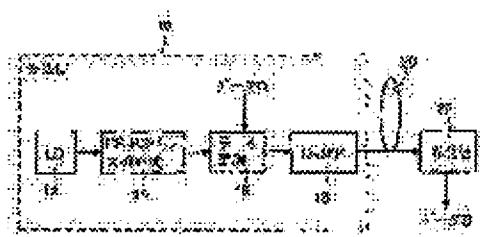
(72)Inventor : MORITA ITSURO
 TSURITANI TAKEHIRO
 AGATA AKIRA
 EDAKAWA NOBORU

(54) OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM, OPTICAL TRANSMISSION APPARATUS, AND METHOD FOR THEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an optical transmission system, an optical transmission apparatus, and a method for them for using a CS-RZ signal in a narrower band.

SOLUTION: A laser diode (LD) 12 outputs a continuous light (CW light) with a wavelength λ_s (frequency f_0). A CS-RZ pulse train forming apparatus 14 generates a CS-RZ optical pulse train with a bit rate B from a CW output light from the LD 12. A data modulator 16 applies intensity modulation to the output optical pulse train of the apparatus 14 according to data D to be transmitted. An optical band pass filter 18 transmits a component of the carrier frequency (f_0) and a component with a frequency f_1 ($=f_0+B/2$) as they are, and transmits a component with a frequency f_2 ($=f_0-B/2$) while slightly leaving it, out of output lights of the data modulator 16.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.09.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-104385
(P2004-104385A)

(43) 公開日 平成16年4月2日(2004.4.2)

(51) Int.Cl. 7
 H04B 10/04
 H04B 10/02
 H04B 10/06
 H04B 10/142
 H04B 10/152

F 1

H04B 9/00
 H04B 9/00

L
 V

テーマコード (参考)
 5K102

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号
 (22) 出願日

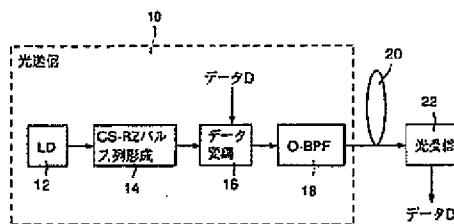
特願2002-262337 (P2002-262337)
 平成14年9月9日 (2002.9.9)

(71) 出願人 595162345
 ケイディディアイ海底ケーブルシステム株
式会社
 東京都新宿区西新宿2丁目3番2号
 (71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (74) 代理人 100090284
 弁理士 田中 常雄
 森田 逸郎
 (72) 発明者 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式
会社ケイディーディーアイ研究所内
 鈴谷 剛宏
 (72) 発明者 埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式
会社ケイディーディーアイ研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光伝送システム、光送信装置及びこれらのこと

(57) 【要約】

【課題】CS-RZ信号の伝送特性を改善する。
 【解決手段】レーザダイオード(LD)12は、波長 λ_s (周波数 f_0)の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14は、LD12のCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。データ変調器16は、装置14の出力光パルス列を、送信すべきデータDに従って強度変調する。光バンドパスフィルタ18は、データ変調器16の出力光の内、キャリア周波数(f_0)の成分と、周波数 f_1 (= $f_0 + B/2$)の成分をそのまま透過し、(周波数 f_2 (= $f_0 - B/2$)の成分を僅かに残すように透過する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】

光送信装置(10)、光ファイバ伝送路(20)及び光受信装置(22)からなる光伝送システムであって、当該光送信装置(10)が、光キャリア周波数(f0)のCS-RZ光パルス列を発生するCS-RZ光パルス列発生装置(12, 14)と、

データレート(B)の送信すべきデータ(D)で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調し、これにより、キャリア周波数(f0)の第1成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を減算した周波数(f0-B/2)の第2成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を加算した周波数(f0+B/2)の第3成分を含む被変調光を出力するデータ変調器(16)と、当該被変調波から当該第1成分、第2成分及び第3成分を抽出して光ファイバ伝送路(20)に出力する帯域制限フィルタであって、被変調波に対する離調量をA、フィルタ帯域幅をWとしたとき、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ である帯域制限フィルタ(18)とを具備することを特徴とする光伝送システム。

【請求項2】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項3】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項1に記載の光伝送システム。

【請求項4】

光キャリア周波数(f0)のCS-RZ光パルス列を発生し、データレート(B)の送信すべきデータ(D)で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調することにより、キャリア周波数(f0)の第1成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を減算した周波数(f0-B/2)の第2成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を加算した周波数(f0+B/2)の第3成分を含む被変調光を生成し、

当該被変調波から当該第1成分、当該第2成分及び第3成分をフィルタ帯域幅(W)及び離調量(A)で抽出し、

抽出された成分が光ファイバ伝送路を伝搬し、当該光ファイバ伝送路の出力光から当該データを受信する

光伝送方法であって、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ であることを特徴とする光伝送方法。

【請求項5】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項4に記載の光伝送方法。

【請求項6】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項4に記載の光伝送方法。

【請求項7】

光キャリア周波数(f0)のCS-RZ光パルス列を発生するCS-RZ光パルス列発生装置(12, 14)と、

データレート(B)の送信すべきデータ(D)で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調し、キャリア周波数(f0)の第1成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を減算した周波数(f0-B/2)の第2成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を加算した周波数(f0+B/2)の第3成分を含む被変調光を出力するデータ変調器(16)と、

当該被変調波から当該第1成分、当該第2成分及び第3成分を抽出し、光ファイバ伝送路(20)に出力する帯域制限フィルタであって、当該被変調波に対する離調量をA、フィルタ帯域幅をWとしたとき、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ である帯域制限フィルタ(18)とを具備することを特徴とする光送信装置。

【請求項8】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項7に記載の光送信装置。

【請求項9】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項7に記載の光送信装置。

【請求項10】

光キャリア周波数(f0)のCS-RZ光パルス列を発生し、データレート(B)の送信すべきデータ(D)で当該CS-RZ光パルス列発生装置の出力光パルスを強度変調することにより、キャリア周波数(f0)の第1成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を減算した周波数(f0-B/2)の第2成分と、キャリア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)を加算した周波数(f0+B/2)の第3成分を含む被変調光を生成し、

当該被変調波から当該第1成分、当該第2成分及び第3成分をフィルタ帯域幅(W)及び離調量(A)で抽出する

光送信方法であって、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ であることを特徴とする光送信方法。

【請求項11】

$0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ である請求項10に記載の光送信方法。

【請求項12】

$A \times B / W^2$ が実質的に0.15である請求項10に記載の光送信方法。

【発明の詳細な説明】

50 【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光伝送システム、光送信装置及びこれらの方
法に関し、より具体的には、搬送波抑圧・リターンツー
ゼロ (CS-RZ) 信号を使用する光伝送システム、光
送信装置及びこれらの方方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光ファイバ通信の分野では、伝送容量の拡大のために高
密度波長多重 (DWDM) が使用され、近年では、波長
間隔をより狭くする方向で開発が進んでいる。

【0003】

高密度波長多重を実現する方式として、単一側波帯 (S
SB) 伝送又は残留側波帯 (VSB) 伝送が、提案され
ている。例えば、米国特許第6088147号公報、米
国特許第6141141号公報(又は特開平10-21
3830号公報)、米国特許第6262834号公報、
及び特開2001-264710号公報(又は米国公開2
002075546号公報)がある。

【0004】

搬送波を抑圧した光強度変調信号を角度変調するシス
テムが、米国特許第6211996号公報(又は特開20
01-133824号公報)に記載されている。

【0005】

また、CS-RZ信号は、狭帯域であるという特徴があ
り、光DWDMへの適用が有望視されている。例えば、
Y. Miyamoto et al., "320 G
bit/s (8 × 40 Gbit/s) WDM
transmission over 367 km
zero-dispersion-flattened
line with 120-km repeate
r spacing using carrier-s
uppressed return-to-zero
pulse format", Optical So
ciety of America (OSA) Tre
nds in Optics and Photonics
(TOPS), vol. 30, Optical
Amplifiers and Their App
lications, (1999) を参照されたい。
参考のため、この論文の記載内容は本明細書中に取り込
まれる。

【0006】

図8は、CS-RZ光信号のスペクトル例を示す。隣接
するタイムスロットにおける光パルスの位相を反転させ
ることにより、図8に示すように、光キャリア(周波数
f0)を抑圧したRZパルス信号を生成できる。この観
点から、CS-RZ信号は、図9に示すように、2つの
NRZ信号の合成からなると理解されている。図8及び
図9において、横軸は周波数(波長)、縦軸は光強度を
示す。

【0007】

従来、CS-RZ信号を更に狭帯域にするには、図10
に示すように、キャリア周波数f0の両側の周波数f
1, f2のスペクトルの両方と一緒に伝送する必要があ
ると考えられてきた(例えば、N. Yoshioka
et al., "50GHz-spaced 55
× 42.7 Gb/s transmission
over 2500 km using a SPM
-based all-optical reshaper", Optical amplifiers a
nd their applications top
ical meeting (OAA 2002), P
DP 6)。図10は、図8に示す光スペクトルのCS-RZ
光信号から上側スペクトル成分(周波数f1)及び
下側スペクトル成分(周波数f2)の両方を対称に抽出
した結果のスペクトル例を示す。図10で、横軸は周波
数(波長)、縦軸は、光強度を示す。

【0008】

RZ光信号のビットレートをB(bps)としたとき、
f1-f0=B/2
f0-f2=B/2
である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、伝送特性の向上、WDMの密度向上及び/又は
伝送距離の増大のために、更に狭帯域化したいとする要
望がある。

【0010】

本発明は、より狭帯域のCS-RZ信号を使用する光伝
送システム、光送信装置及びこれらの方方法を提示する
ことを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明では、CS-RZ光パルス列をデータ変調し、こ
れにより、キャリア周波数(f0)の第1成分と、キャ
リア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)
を減算した周波数(f0-B/2)の第2成分と、キャ
リア周波数(f0)からデータレートの半分(B/2)
を加算した周波数(f0+B/2)の第3成分を含む被
変調光を生成する。そして、帯域制限フィルタにより、
当該被変調波から当該第1成分、第2成分及び第3

成分を抽出して光ファイバ伝送路(20)に出力する。
但し、当該帯域制限フィルタの被変調波に対する離調量
をA、フィルタ帯域幅をWとしたとき、 $0 < A \times B / W^2 < 0.225$ である。より好ましくは、 $0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ であり、最も好ましい条件として、
 $A \times B / W^2$ が実質的に0.15である。

【0012】

【実施例】

以下、図面を参照して、本発明の実施例を詳細に説明す
る。

【0013】

図1は、本発明の一実施例の概略構成ブロック図を示す。光送信装置10は、レーザダイオード(LD)12, CS-RZパルス列形成装置14, データ変調器16及び帯域制限フィルタとしての光バンドパスフィルタ(O-BPF)18を具備する。

【0014】

レーザダイオード12は、波長 λ_s (周波数 f_0)の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14は、レーザダイオード12のCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。このような装置は、上述のY. Miyamoto他の論文に記載されている。

【0015】

データ変調器16は、CS-RZパルス列形成装置14から出力される光パルス列を、送信すべきデータDに従って強度変調する。例えば、データ変調器16は、データDの2進値"0"に対して、CS-RZパルス列形成装置14から出力される光パルスをブロックし、データDの2進値"1"に対して、CS-RZパルス列形成装置14から出力される光パルスを透過する。

【0016】

データ変調器16の出力光は、例えば、図9に示すような光スペクトルを具備する。帯域制限フィルタとしての光バンドパスフィルタ18は、データ変調器16の出力光の内、光キャリア周波数 f_0 の成分と、周波数 f_1 (= $f_0+B/2$)の上側成分をそのまま透過し、周波数 f_2 (= $f_0-B/2$)の下側成分を僅かに残すように透過する。図2は、図8に示す光スペクトルに対する光バンドパスフィルタ18の出力光の光スペクトル例を示す。横軸は波長(周波数)、縦軸は光強度を示す。即ち、従来例では、周波数 f_1 の上側成分と周波数 f_2 の下側成分を均等に透過するように、光バンドパスフィルタの中心周波数を光キャリア周波数 f_0 に一致させたが、本実施例では、光バンドパスフィルタ18の中心周波数を光キャリア周波数 f_0 からずらして、上側成分(又は下側成分)をそのまま透過しつつ、下側成分(又は上側成分)を僅かに透過するようにした。

【0017】

光バンドパスフィルタ18の出力光は、光送信装置10の出力光として光ファイバ伝送路20に入力する。光受信装置22は、光ファイバ伝送路20を伝搬した信号光を受信し、データDを復元する。

【0018】

帯域制限フィルタである光バンドパスフィルタ18の離調の影響を実際に調べた。図3は、42.7Gb/sのCS-RZ光信号に本実施例を適用した場合の測定結果を示す。光バンドパスフィルタ18として、第4次ガウシアンフィルタを使用した。横軸は、光バンドパスフィルタ18の中心波長と、CS-RZ光信号の光キャリア

波長との差 $\Delta\lambda$ を示す。縦軸は、所定距離伝搬したときの Q^2 を示す。 $\Delta\lambda=0$ が従来例の場合を示す。図3から分かるように、光バンドパスフィルタ18のこの帯域では、 $-0.055 < \Delta\lambda < 0$ の場合、 $\Delta\lambda=0$ の場合よりも、 Q^2 が改善される。 $\Delta\lambda=-0.04$ (nm)のときに Q^2 が最大になる。

【0019】

光バンドパスフィルタ18の帯域をこれとは別の値にした場合、周波数 f_2 の成分をより削減した場合でも、対称帯域制限の場合に比べて、より大きな Q^2 を得ることができた。即ち、本実施例では、光バンドパスフィルタ18は、少なくとも一方の側波帯成分を通過すればよいことになる。

【0020】

図4は、 $\Delta\lambda=0$ のとき、即ち、対称帯域制限の場合のアイバターンを示す。このとき、 $Q^2=23.74$ (dB)であった。図5は、非対称帯域制限($\Delta\lambda=-0.04$ (nm))の場合のアイバターンを示す。このとき、 $Q^2=28.11$ (dB)であった。

【0021】

図6は、42.7Gb/sのCS-RZ光信号に対する光バンドパスフィルタ18の作用を測定した結果を示す。横軸は、光バンドパスフィルタ18の、被変調波(データ変調器16の出力)に対する離調量Aを、送信すべきデータDのデータレートBとフィルタ帯域幅Wで規格化した値を示す。具体的には、横軸は、 $(A/W) \times (B/W)$ である。縦軸は、離調量Aが0の場合の Q^2 値からの改善量(dB)を示す。

【0022】

図7は、光バンドパスフィルタ18のフィルタ帯域幅として、45GHz、60GHz及び70GHzを設定した。実線が45GHzの場合、波線が70GHzの場合、一点鎖線が60GHzの場合の測定結果をそれぞれ示す。 $(A/W) \times (B/W)$ が0.15であるときに、フィルタ帯域幅に関わらず、 Q^2 が最も改善されていることがわかる。

【0023】

$0 < A \times B / W^2 < 0.225$ の範囲では、従来の対称制限(離調0)の場合よりも改善される。 $0.09 < A \times B / W^2 < 0.2$ とすると、従来の対称制限(離調0)の場合に比べて、2dB以上改善する。

【0024】

ちなみに、フィルタ帯域幅が45GHzの場合、離調0では Q^2 は19.9dBであったが、最適に離調を設定すると、 Q^2 値は23.5dBとなった。フィルタ帯域幅が60GHzの場合、離調0では Q^2 は17.1dBであったが、最適に離調を設定すると、 Q^2 値は24.5dBとなった。フィルタ帯域幅が70GHzの場合、離調0では Q^2 は19.5dBであったが、最適に離調を設定すると、 Q^2 値は24.5dBとなった。

【0025】

図7は、WDM光送信装置の実施例の概略構成ブロック図を示す。この実施例では、 2^n 個の波長を多重する。

【0026】

レーザダイオード301～302n-1は、それぞれ、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2^n-1}$ の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14と同様の構成からなるCS-RZパルス列形成装置321～322n-1は、それぞれ、レーザダイオード301～302n-1のCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。データ変調器341～342n-1はそれぞれ、CS-RZパルス列形成装置321～322n-1から出力される光パルス列を、送信すべきデータD1～D2n-1に従って強度変調する。CS-RZパルス列形成装置321～322n-1及びデータ変調器341～342n-1の作用は、それぞれ、CS-RZパルス列形成装置14及びデータ変調器16の作用と同じである。アレイ導波路格子(AWG)36aが、データ変調器341～342n-1の出力光を合波する。アレイ導波路格子(AWG)36aは、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2^n-1}$ の信号光を波長分割多重する多重装置として機能する。奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2^n-1}$ のみでは、隣接する波長間でスペクトルが重ならないので、この段階では、帯域を制限しなくても良い。

【0027】

偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2^n}$ に対する構成は、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2^n-1}$ に対する上述の構成と基本的に同じである。即ち、レーザダイオード302～302nは、それぞれ、偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2^n}$ の連続光(CW光)を出力する。CS-RZパルス列形成装置14と同様の構成からなるCS-RZパルス列形成装置322～322nは、それぞれ、レーザダイオード302～302nのCW出力光からビットレートBのCS-RZ光パルス列を生成する。データ変調器342～342nはそれぞれ、CS-RZパルス列形成装置322～322nから出力される光パルス列を、送信すべきデータD2～D2nに従って強度変調する。アレイ導波路格子(AWG)36bが、データ変調器342～342nの出力光を合波する。

【0028】

CS-RZパルス列形成装置321～322n及びデータ変調器341～342nの作用は、それぞれ、CS-RZパルス列形成装置14及びデータ変調器16の作用と同じである。アレイ導波路格子36aは、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2^n-1}$ の信号光を波長分割多重する多重装置として機能し、アレイ導波路格子36bは、偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2^n}$ の信号光を波長分割多重する多重装置として機能する。偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2^n}$ のみでは隣接する波長間でスペクトルが重ならないので、こ

の段階では、帯域を制限しなくても良い。

【0029】

波長インターリーバ38はアレイ導波路格子36a, 36bの出力光を合波する。波長インターリーバ38は、光バンドパスフィルタ特性を具備するので、波長インターリーバ38の光バンドパスフィルタの中心波長を調節することで、奇数番目の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_{2^n-1}$ の信号光と偶数番目の波長 $\lambda_2 \sim \lambda_{2^n}$ の信号光に対して一括して、所望の離調を施すことができる。即ち、波長インターリーバ38が、光バンドパスフィルタ18の機能を果たす。

【0030】

【発明の効果】

以上の説明から容易に理解できるように、本発明によれば、CS-RZ信号の伝送特性を大幅に改善できる。1チャネルのスペクトル幅を狭くしつつ、伝送特性を改善できるので、WDMの多重密度を高めることができると共に、伝送距離を長くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の概略構成ブロック図である。

【図2】光バンドパスフィルタ18の出力光の光スペクトル例である。

【図3】光バンドパスフィルタの離調とQ²値との関係の測定例である。

【図4】従来例による対称帯域制限の場合のアイパターン例である。

【図5】本実施例による△λ=-0.04nmの場合のアイパターン例である。

【図6】光バンドパスフィルタ18の離調量とQ²改善量との関係の測定例である。

【図7】WDM送信装置の実施例の概略構成ブロック図である。

【図8】CS-RZ信号の光スペクトル例である。

【図9】CS-RZ信号を構成する2つのNRZ(ノンリターンツーゼロ)信号の光スペクトル例である。

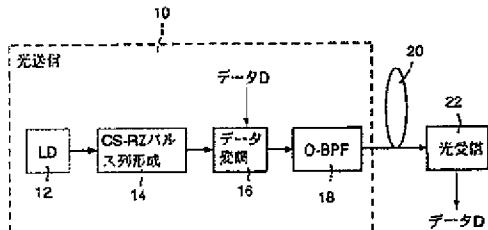
【図10】従来の対称帯域制限の場合の光スペクトル例である。

【符号の説明】

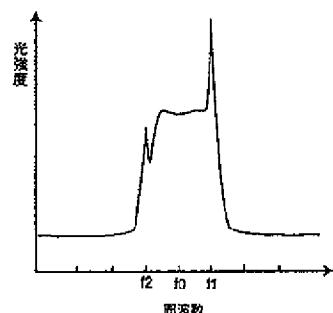
10:光送信装置
 12:レーザダイオード(LD)
 14:CS-RZパルス列形成装置
 16:データ変調器
 18:光バンドパスフィルタ
 20:光ファイバ伝送路
 22:光受信装置
 301～302n:レーザダイオード
 321～322n:CS-RZパルス列形成装置
 341～342n:データ変調器
 36a, 36b:アレイ導波路格子

3.8：波長インターリーバ

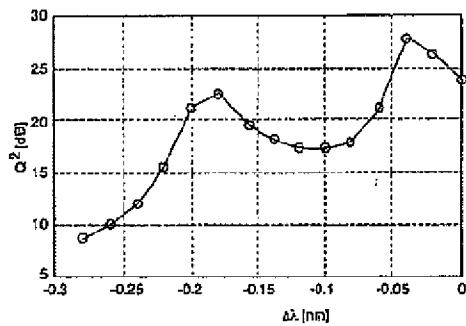
【図1】



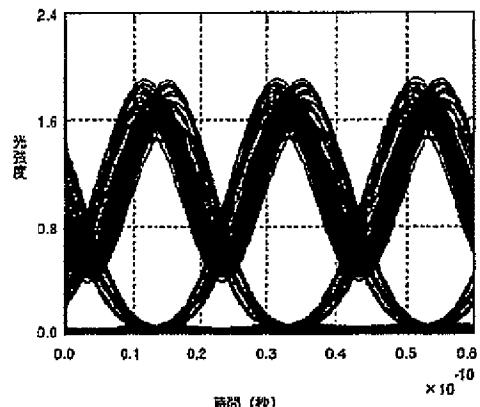
【図2】



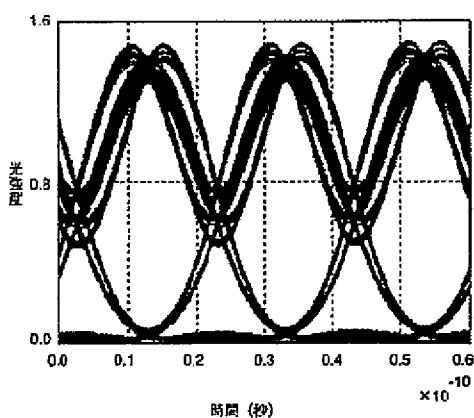
【図3】



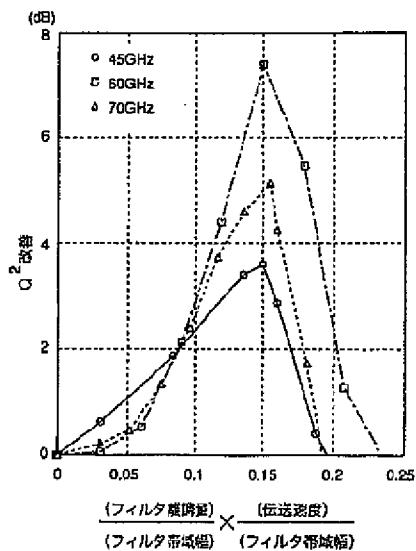
【図4】



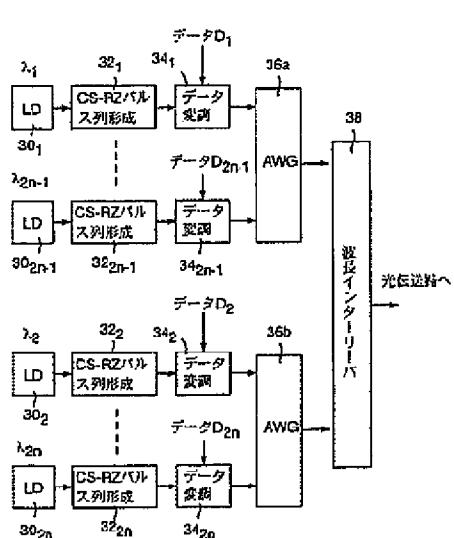
【図5】



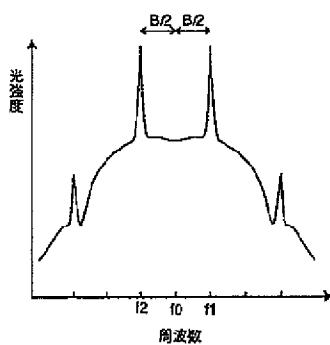
【図6】



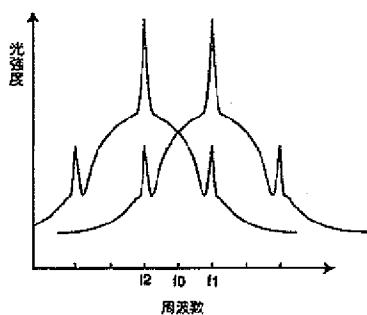
【図7】



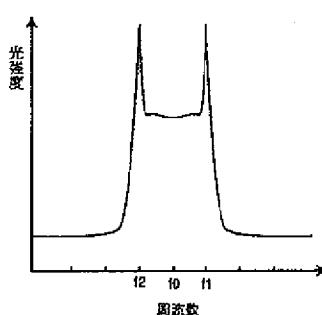
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 県 亮

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディーアイ研究所内

(72)発明者 枝川 登

埼玉県上福岡市大原二丁目1番15号株式会社ケイディーアイ研究所内

F ターム(参考) 5K102 AA06 AA08 AH02 AH23 AH26 AH31 PC12 PC17